

# Entstehung des Lichts



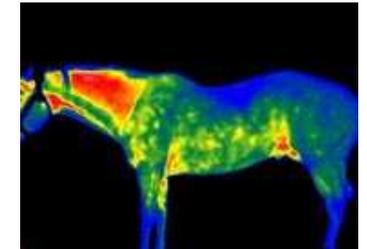
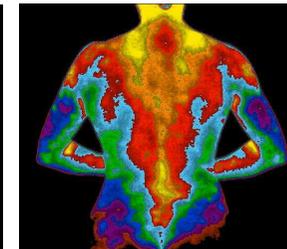
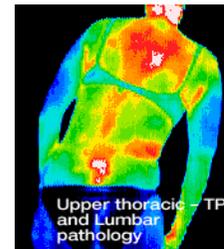
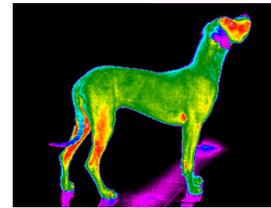
Lumineszenz

Temperaturstrahlung



1

# Temperaturstrahlung



2

## Entstehung der Temperaturstrahlung

Erfahrung: die Körper, die höhere Temperatur haben als ihre Umgebung emittieren Energie (Wärme):

Temperaturstrahlung hängt sehr stark von der  $T$  des Körpers ab.

Temperatur des Körpers hängt mit den Bewegungen der Teilchen in dem Körper zusammen.

z.B. Gastheorie 
$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$$



Die Temperaturstrahlung entsteht auf Kosten der Bewegungsenergie der Teilchen im Körper.



## Eigenschaften der Temperaturstrahlung

- Jeder Körper, dessen Temperatur über dem absoluten Nullpunkt liegt, sendet Temperaturstrahlung aus
- Temperaturstrahlung ist elektromagnetische Strahlung (infrarotes Licht, sichtbares Licht, UV, Röntgen, ...)
- Sie hängt von der  $T$ , Eigenschaften (Materie, Farbe, Oberfläche, ...) des Körpers ab.

**Strahlungsgleichgewicht:** emittierte und absorbierte Leistungen müssen im thermischen Gleichgewicht gleich sein.

4

Größen zur Beschreibung der Temperaturstrahlung:

**Spezifische Ausstrahlung ( $M$ ):**

$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A}, \quad [M] = \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$



**Spektrale spezifische Ausstrahlung ( $M_\lambda$ ):**

$$M_\lambda = \frac{\Delta M}{\Delta \lambda}, \quad [M_\lambda] = \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{nm}}$$

**Absorptionsgrad ( $\alpha$ ):**

$$\alpha = \frac{\text{absorbierte Energie}}{\text{einfallende Energie}}$$

$M_\lambda$  und  $\alpha$  hängen von  $\lambda$ ,  $T$ , Farbe des Körpers, ... ab

5

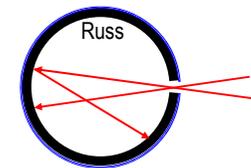
**Kirchhoffsches Strahlungsgesetz:**

$$\frac{M_{\lambda,1}}{\alpha_1} = \frac{M_{\lambda,2}}{\alpha_2} = \frac{M_{\lambda,3}}{\alpha_3} = \dots$$

konstant für verschiedene Körper bei gegebener  $T$  und  $\lambda$

**Absolut schwarzer Körper:**

Ein hypothetischer idealisierter Körper, der jegliche auf ihn treffende elektromagnetische Strahlung bei jeder Frequenz vollständig absorbiert.



Hohlraumstrahlung

Absolut schwarzer Körper als Strahlungsreferenz:  $\alpha = 1$

$$\frac{M_\lambda}{\alpha} = \frac{M_{\lambda,a}}{1} = M_{\lambda,a}$$

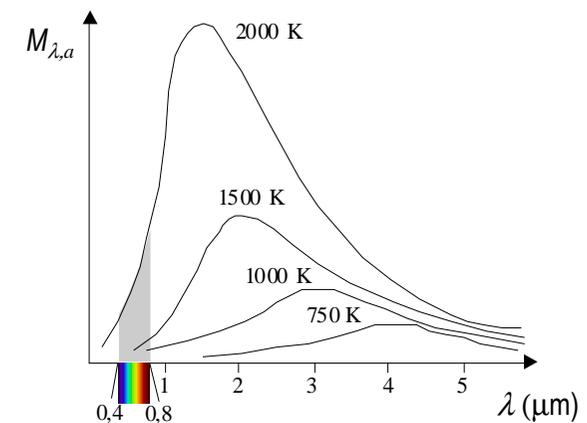
6



Die dunkle Farben absorbieren mehrere Strahlungsenergie als die helle (Kirchhoff!). Die Strahlenschädigung nach der Atombombenexplosion ist grösser unter den dunklen Teile des Kimonos.

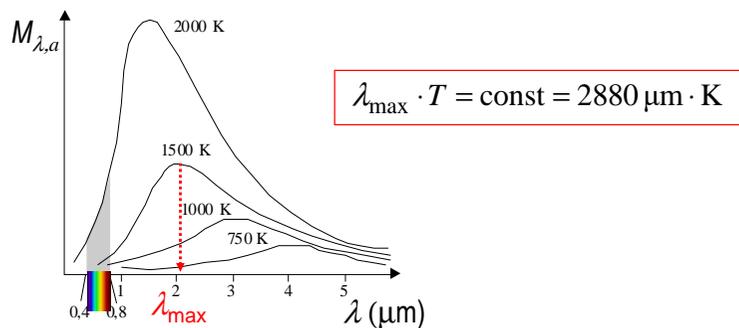
7

**Spektrum des absolut schwarzen Körpers**



8

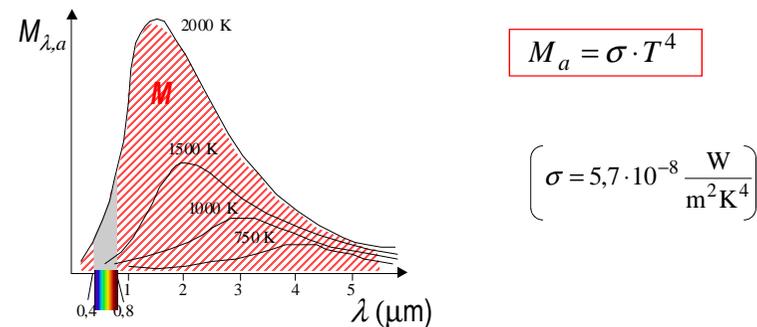
## Wiensches Verschiebungsgesetz



Verschiebung des Maximums mit der Temperatur

9

## Stefan-Boltzmannsches Gesetz

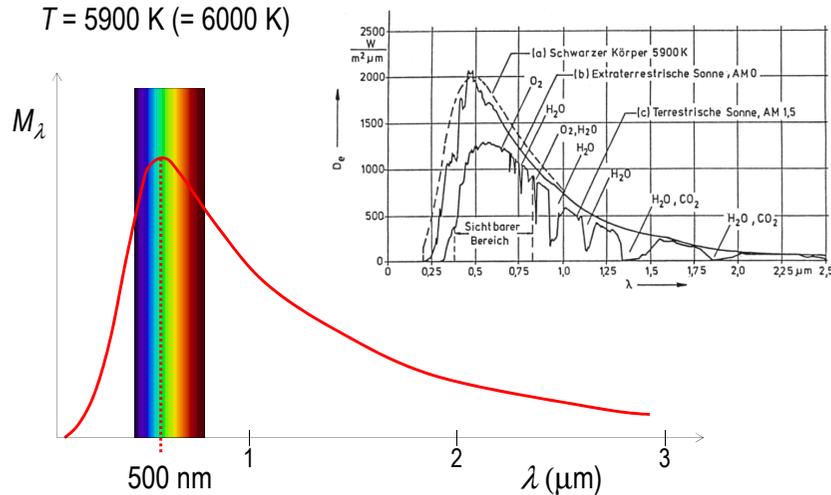


hohe spezifische Ausstrahlung bei hohen Temperaturen

10

z. B. Das Spektrum der Sonne:

$T = 5900 \text{ K} (= 6000 \text{ K})$

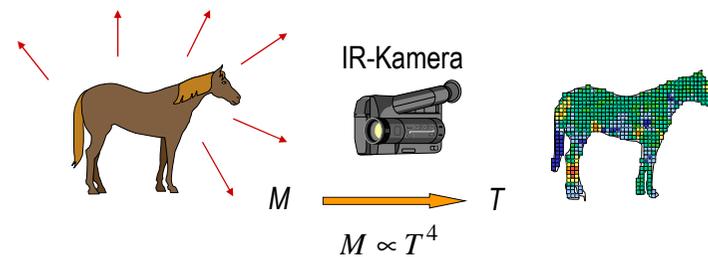


11

## Anwendungen 1: IR Diagnostik (Telethermographie)

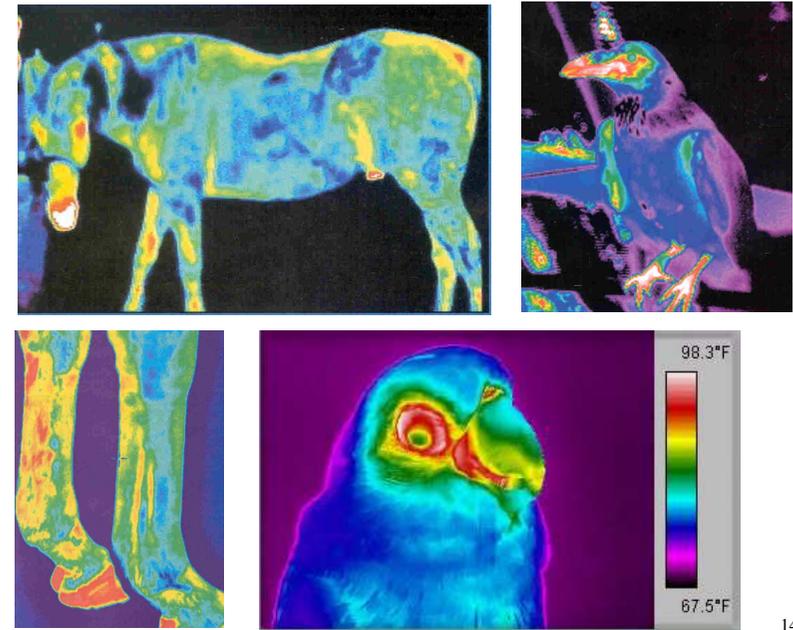
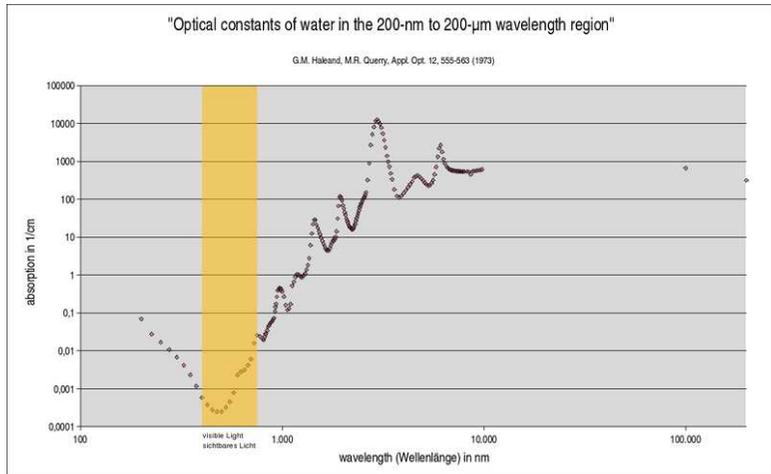
$T \approx 301 \text{ K} \rightarrow \lambda_{\text{max}} \approx 10 \mu\text{m}$  IR-Strahlung

Ist der tierliche Körper absolut schwarz? In diesem Bereich: Ja! (s. Absorptionsspektrum des Wassers)

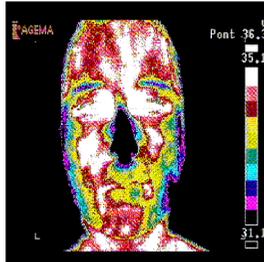


12

Absorptionsspektrum des Wassers im Bereich von 200 nm bis 0.1 mm

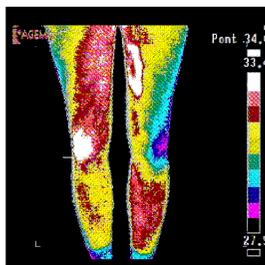
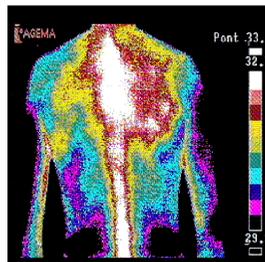


Gesichtshöhlenentzündung



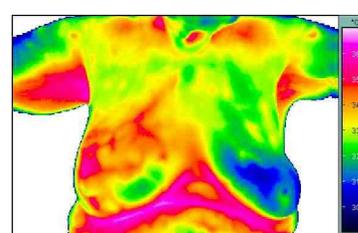
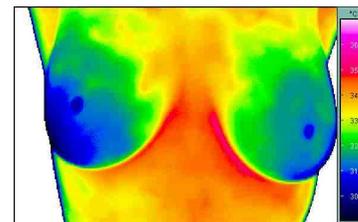
Gelenkentzündung

Muskelzerrung

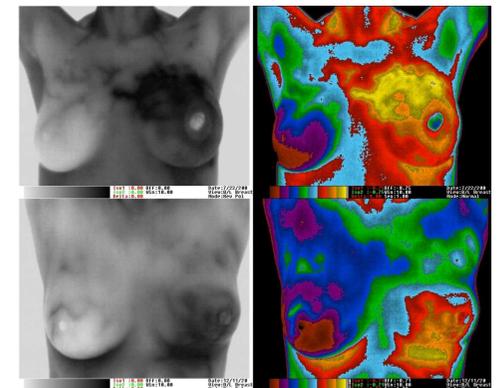


Chondrolyse und Thrombose

gesund



Brustkrebs





### IR-Thermographie

Messbereich: 8-10  $\mu\text{m}$   
 Präzision: 0.1 C  
 Auflösungsgrenze: 1 mm<sup>2</sup>  
 (Abstand: 40 cm)  
 Abtastungszeit: 4 s



### Mikrowellenthermographie, Mammathermographie (Tumor-Diagnostik)

Vorteil: Körpergewebe ist durchlässig für Mikrowellen.  
 Nachteil: Intensität im Mikrowellenbereich ist vielmal kleiner als im IR.

## Anwendungen 2: Wärmehaushalt

Stoffwechselprozesse  $\Rightarrow$  Wärme }  
 konstante Körpertemperatur }  $\longrightarrow$  Wärmeabgabe

Wärmestrahlung:



$$M = \sigma \cdot T^4$$

Resultierende Energieabgabe ( $\Delta E$ ):

$$\Delta E = \sigma \cdot (T^4 - T_{\text{Umgebung}}^4) \cdot A \cdot t$$

$$M_{\text{Umgebung}} = \sigma \cdot T_{\text{Umgebung}}^4$$

Hat ein Körper höhere Temperatur als seine Umgebung, so strahlt er mehr als er aus der Umgebung absorbiert.

+ Transpiration  
 (+ Wärmeleitung)

## Anwendungen 3: Wärmetherapie (IR-Lampen)

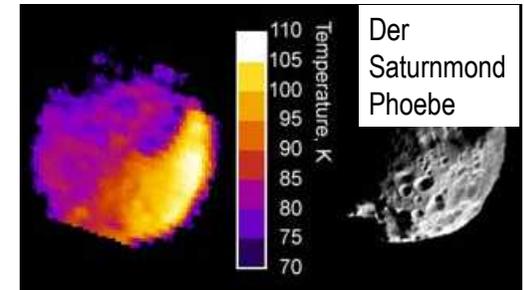


Glühlampen  
 T = 2000-3000 K



## Weitere Anwendungen

Bestimmung von  
Oberflächentemperaturen



Sehen im ganz dunklen